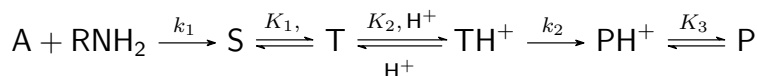
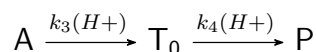


### Задание 1. Аналитическая кинетика

В сложных механизмах в кинетике широко используется термин «лимитирующая стадия», и известно что в последовательных реакциях лимитирующей стадией является самая медленная. Есть интересная схема реакции:



Для упрощения схемы выше, ее заменяют на схему:



$T_0$  представляет собой смесь  $T$  и  $\text{TH}^+$ :

$$[T_0] = [T] + [\text{TH}^+]$$

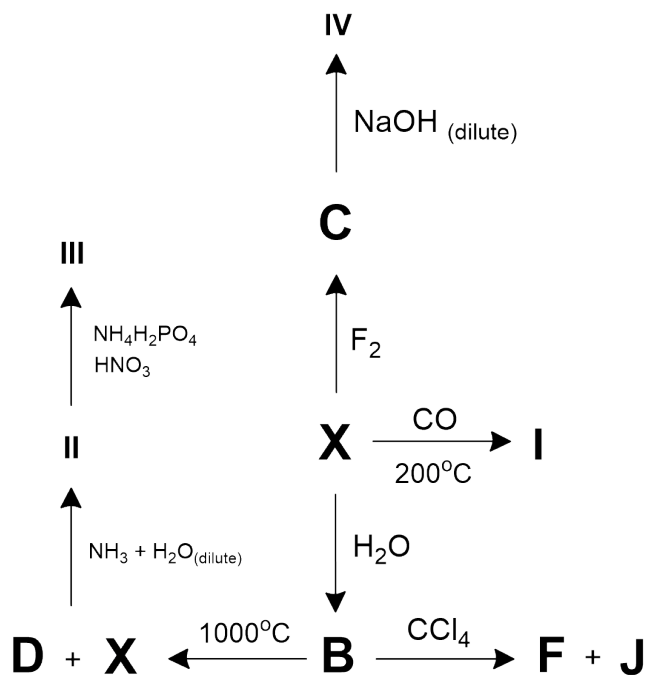
$k(\text{H}^+)$  означает что константа зависит от концентраций водорода.  $k_3 = k_1[\text{RNH}_2]$ , а  $k_4$  определяется условием  $k_4[T_0] = k_2[\text{TH}^+]$ .

- (1) Какая стадия является лимитирующей при низком pH? При высоком pH? Запишите уравнения соответствующих стадий (4 балл)
- (2) Определите значение  $pH$  при максимуме скорости, если при ней наблюдается условие  $k_3(\text{H}_{\text{max}}^+) = k_4(\text{H}_{\text{max}}^+)((K_a(\text{RNH}_3^+) = 5 \cdot 10^{-5}), k_2/k_1 = 10^5, K_2 = 0,1$ , а также общая концентрация  $\text{RNH}_2$  в растворе равна 1M (8 балл)

### Задание 2. Органическая химия

Органическая химия обычно связана с углеводородами и общими гетероатомами, такими как кислород, сера и азот. Однако очень распространённый метод получения функционализированных органических молекул включает другой элемент, X. X, в частности, формирует соединения, которые представляют большой теоретический интерес. Трехкомпонентное соединение A1 (очень распространённый восстановительный реагент в органической химии, содержание X составляет 28,6%) реагирует с соединением A2 (которое содержит 5 разных элементов, содержание X составляет 7,61%) в диглиме  $(\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2)_2\text{O}$  при 100°C с образованием трехкомпонентного соединения A3 (содержание X составляет 51,1%). Соединение A2 находится в равновесии с соединением A4 (содержание X составляет 15,9%) и диэтиловым эфиром ( $\text{Et}_2\text{O}$ ). Дальнейший нагрев раствора в течение 36 часов под обратным холодильником приводит к образованию соединения A5 как основного продукта (содержание X составляет 69,075%). После отделения побочных продуктов добавление  $\text{CsOH}$  осаждает ионное соединение A6 как конечный продукт теоретического интереса.

- (1) Выведите соединения A1 до A6, и элемент X. Покажите все расчеты ясно, так как баллы присуждаются за ваш процесс рассуждения и выведения. (11 балл)
- (2) Нарисуйте трёхмерную структуру аниона соединения A6. (1 балл)



### Задание 3. Антагонист меди

В 1928 году английский капиталист Лесли Уркварт написал в советский Главконьцесском: «Не дадите ли вы мне возможность поковыряться в Казахской степи, около Балхаша и дальше? Раньше чем через 50 или 100 лет вы этими местами все равно не займетесь. А я поищу, может быть, что-нибудь и найду». Всего через 10 лет, две пятилетки, в Коныратских сопках, близ Балхаша, большевики открыли больше горное месторождения с огромным запасом цветных металлов, один из них **металл X**, невероятно помог советским солдатам в Второй Мировой Войне.

Советские учёные Абильтмансур и Бакдаулет провели над этим металлом, известно что это серебристо-серый металл переходной группы, растворимая соль этого металла является антагонистом меди, при его недостатке наблюдается ослабление иммунитета. Далее смотрите на таблицу.

#### Дополнительная информация:

Элемент D является высшим оксидом. J это побочный продукт, в котором массовая доля хлора 71,71%.

Известно что при добавлении раствора аммиака, выделяется только соединение II, в котором массовая доля кислорода, водорода и азота соответственно равны к 32.98%, 2.06%, 7.21%.

При добавлении к соли II  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  и  $\text{HNO}_3$ , выделяется соль III,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и соответственно вода.

Массовая доля фосфора, металла X, азота и водорода 1.65%, 61.37%, 2.237%, 0.639%. Массовая доля кислорода в соединении IV - 31.06%. Массовая доля металла в соединении F - 40.33%. Вопросы:

1. Вычислите металл X, а также подтвердите это расчётами. (1 балл)
2. Напишите все уравнения реакции и вычислите все вещества (11 балл)

#### Задание 4. Алкадиены пашкуют

Реакция Дильса-Альдера является циклоприсоединением диенофилов с образованием циклических молекул.

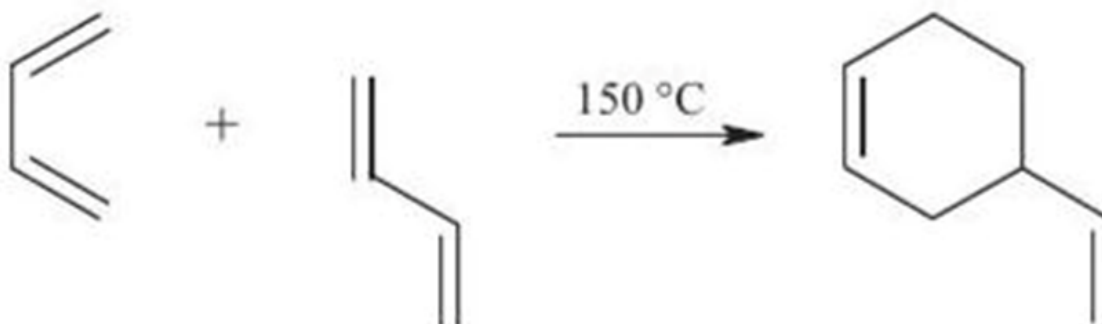
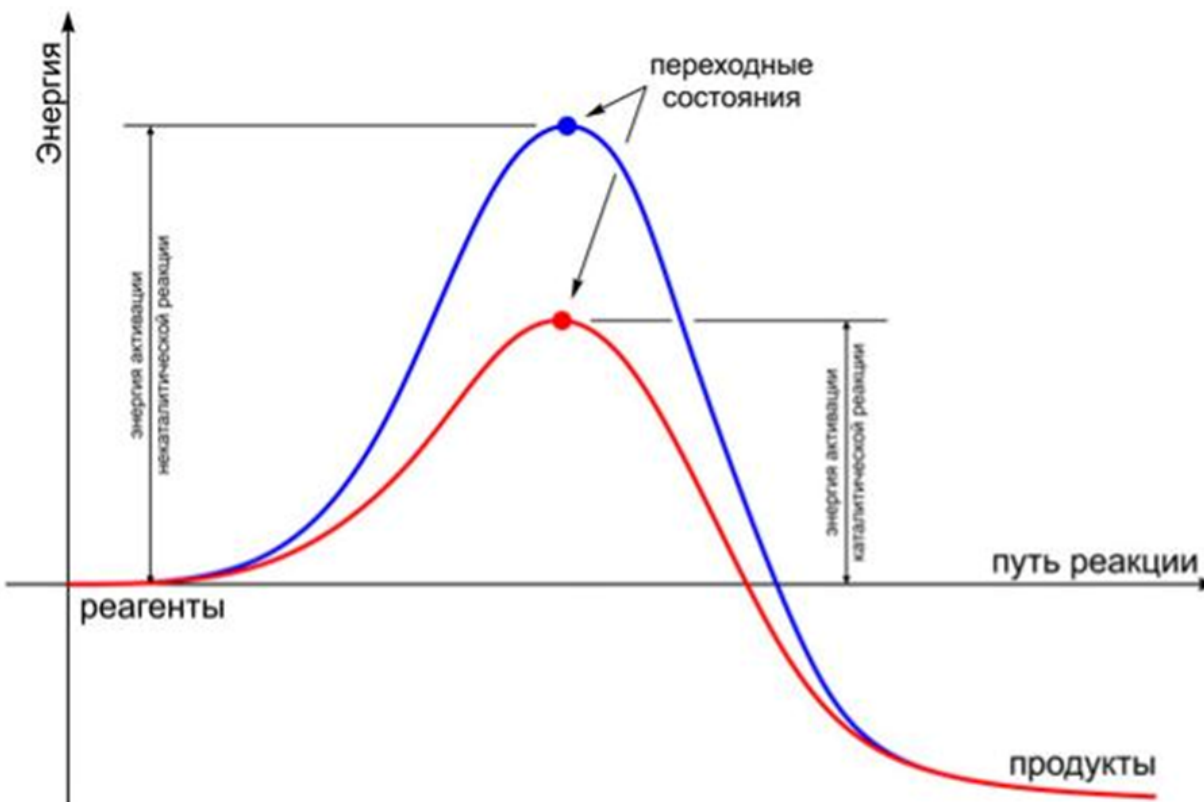


Рис. 1. Реакция Дильса-Альдера

Любая реакция соединения описывается графиком с энергитической кривой:



Уравнение Аррениуса – удивительная формула, связывающая такие понятия, как константа скорости реакции и температура. Она имеет следующий вид:

$$K(t) = Ae^{\frac{E_{act}}{RT}}$$

Где  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная  $8.314 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ .

1. При температуре в  $32^\circ\text{C}$  каталитическая реакция имеет константу скорости, равную  $8.2\cdot 10^9 \text{ л}^2\cdot\text{моль}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . Реакция без катализатора имеет константу  $2.7\cdot 10^5 \text{ л}^2\cdot\text{моль}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . Известно, что энергия активации без катализатора равна  $78 \text{ кДж}/\text{моль}$ . Определите, чему равна энергия активации каталитической реакции. (6 баллов)

Есть еще одно правило, связывающее скорость реакции с температурой – правило Вант-Гоффа. Оно имеет следующий вид:

$$r(T_2) = r(T_1) \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

Само правило гласит: с повышением температуры на каждые  $10^\circ\text{C}$  скорость реакции увеличивается в 2-4 раза в зависимости от температурного коэффициента ( $\gamma$ ).

2. Начальная температура процесса равна  $303\text{K}$ , а конечная –  $323\text{K}$ . Температурный коэффициент равен 2. Известно, что конечная скорость реакции больше первоначальной на  $65 \text{ моль}/\text{с}$ . Определите значения конечной и начальной скоростей реакций. (6 баллов)